



Ökonomische Bestimmungsfaktoren des Ubiquitous Computing

von

**Kai Dingel
Michael Klafft
Sarah Spiekermann**

**Institut für Wirtschaftsinformatik
Humboldt-Universität zu Berlin
Spandauer Str. 1
10178 Berlin**

11.7.2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Kundensicht	3
2.1	Der Systemnutzen (Usefulness)	4
2.2	Der Bedienkomfort (Ease of Use)	5
2.2.1	Anwendungsfreundlichkeit (Usability)	5
2.2.2	Interoperabilität	5
2.2.3	Aufmerksamkeitsbedarf (Attention)	6
2.3	Vertrauen	7
2.4	Fazit	7
3	Angebotssicht	8
3.1	Marktstrukturen im Ubiquitous Computing	8
3.1.1	Horizontale Integration von Anbietern	10
3.1.2	Ebenenübergreifende Konzentrationsprozesse	10
3.2	Treiber und Hemmfaktoren von Innovationsprozessen	11
3.3	Fazit	13
4	Auswirkungen des UC auf die Wertschöpfung	13
4.1	Produktivitäts- und Effizienzgewinne	13
4.2	Informationsgewinne	15
4.3	Fazit	18
5	Literaturverzeichnis	18

1. Einleitung

Die Grundidee des Ubiquitous Computing wird bereits seit Ende der 80er Jahre diskutiert [WeGB99]. Dennoch sind erst seit kurzer Zeit kommerziell nutzbare Anwendungen am Markt verfügbar. Beispiele hierfür sind die Nutzung von RFID-Chips in der Logistikkette oder die Bereitstellung ortsbasierter Dienste über mobile Endgeräte. Unklarheit herrscht zurzeit noch über die zukünftige Entwicklung der Technologien und Märkte des Ubiquitous Computings. So wird beispielsweise die Effizienz eines Einsatzes von RFID auf Einzelproduktebene am Point of Sale sehr unterschiedlich beurteilt (negativ z.B. [Arno04], positiv [Metr05]). Ähnlich uneindeutig wird die Zukunft mobiler Informationsdienste eingeschätzt. So kamen Kuhn et al. [KuJL03] im Rahmen einer Delphi-Studie zu dem Schluss, dass es keine einheitliche Meinung darüber gibt, was die mobile Zukunft bringen wird. Vor dem Hintergrund bestehender Bewertungsunsicherheiten erscheint es umso dringlicher, Bestimmungsfaktoren zu identifizieren, die die Entwicklung des Ubiquitous Computing beeinflussen, um neue Technologien und Dienste zielgenauer als bisher fördern und unterstützen zu können. Amberg und Wehmann [AmWe03] unterscheiden am Beispiel mobiler Dienste vier Kategorien von Bestimmungsfaktoren für die Akzeptanz neuer Technologien:

1. den wahrgenommenen Nutzen
2. die wahrgenommene Bedienbarkeit
3. wahrgenommene Netzwerkeffekte
4. wahrgenommenen Kosten.

Neben diesen stark anwenderorientierten Faktoren muss jedoch auch die Attraktivität von Ubiquitous-Computing-Lösungen für die Dienste- und Technologieanbieter evaluiert werden. Hierbei spielen *bestehende* Marktstrukturen und die besonderen Innovationsprozesse des IT-Bereichs eine Schlüsselrolle. Es ist zu erwarten, dass die aufkommenden Technologien hier den Status Quo signifikant verändern. Wir trennen in unserer ökonomischen Diskussion des Ubiquitous Computing vor diesem Hintergrund zwischen:

- a) **Kundensicht:** welche Nutzeneffekte versprechen eine Nachfrage nach UC-Lösungen zu treiben?
- b) **Angebotssicht:** Welche Marktstrukturen und Innovationsprozesse wirken als Bestimmungsfaktoren für die Entwicklung von UC-Märkten?
- c) **Technologiesicht:** Welche Auswirkungen haben UC-Lösungen auf Wertschöpfungsprozesse bei den Anwendern?

2. Kundensicht: welche Nutzeneffekte versprechen eine Nachfrage nach UC-Lösungen?

Grundvoraussetzung für den Erfolg eines neuartigen Informations- und Kommunikationssystems ist die Akzeptanz durch den Kunden (hiernach auch: Nutzer, Benutzer, User). Nach Davis [Davi89] wird diese entscheidend bestimmt von dem wahrgenommenen Systemnutzen (der so genannten „Usefulness“) und der Benutzerfreundlichkeit („Ease of Use“) der neuen Technologie. Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Erfolg neuer Technologien und Dienste sind jedoch auch soziale und emotionale Faktoren. So ist beispielsweise davon auszugehen, dass die Privacy-Reputation einer UC anbietenden Unternehmung und das damit verbundene Kundenvertrauen eine verkaufsfördernde Wirkung induzieren. In den folgenden Abschnitten werden einzelne, ökonomisch relevante Bestimmungsfaktoren der Endnachfrage im Detail diskutiert.

2.1. Der Systemnutzen (Usefulness)

Systemnutzen in der ursprünglichen Definition [Davi89] [Chan01] bezeichnet die vom Anwender wahrgenommene Verbesserung der Arbeitsleistung aufgrund des Einsatzes eines Informationssystems. Diese einseitige Fokussierung auf die Kenngröße Arbeitsproduktivität greift heutzutage zu kurz, da Informationssysteme und Ubiquitous-Computing-Lösungen zum Bestandteil des Alltagslebens geworden sind und auch private Freizeitaktivitäten immer stärker durchdringen. Das Technologieakzeptanzmodell von Davis muss daher um soziale Faktoren erweitert werden. So wiesen Malhotra und Galletta [MaGa99] nach, dass soziale Einflüsse, die zu einer Identifikation der Anwender mit dem System führen, die Systemakzeptanz nachhaltig positiv beeinflussen. Wird ein System dagegen nur aufgrund sozialen Konformitäts- und Anpassungsdrucks genutzt, führt dies zu einer grundsätzlich negativen Einstellung des Anwenders zum System, mit entsprechenden Konsequenzen für Nutzungshäufigkeit- und -verhalten. Soziale Bestimmungsfaktoren des Systemnutzens sind (in Anlehnung an [AmWe03]):

- „Status“ als soziales Herausstellungsmerkmal
- „Spaß“ als hedonistisches Motivationselement
- Förderung von Kommunikation und Interaktion als sozio-kulturelles Motivationselement
- Verwirklichung persönlicher Freiheit (libertaristisches Motivationselement)

Zusammen mit dem bereits von Davis identifizierten Elementen der Zeitersparnis, der Effizienzsteigerung und Flexibilisierung bilden diese Faktoren den Mehrwert einer Ubicomp-Technologie bzw. eines Ubicomp-Dienstes für den Endkunden. Der wahrgenommene Nutzen der neuen Lösung wird dabei bestimmt von der Effizienz und Leistungsfähigkeit der derzeitigen Lösung sowie dem Potential der besten, dem Nutzer bekannten Alternativlösung.

Eine wesentliche Herausforderung im Bereich des Ubiquitous Computing wird es sein, bei der Versorgung des Anwenders mit Informationen und Diensten die kontextuelle Relevanz sicherzustellen, da diese den wahrgenommenen Nutzen eines Dienstes signifikant beeinflusst. Gefordert ist die optimale Abstimmung der bereitgestellten Informationen und Leistungen auf den personell-situativen Kontext. Ziel ist es, nachgelagerte Such- und Filterprozesse durch den Anwender vollständig zu vermeiden. Voraussetzung für die Erreichung dieses Ziels ist zunächst eine präzise Erfassung der aktuellen Situation mit geeigneten Sensoren und eine Analyse mit Hilfe geeigneter Auswertelgorithmen. Eine Herausforderung besteht darin, die Vielzahl der anfallenden Sensordaten auszuwerten und zu gewichten. In der Praxis wird die Relevanz solcher Kontextinformationen durch folgende Faktoren bestimmt (in Anlehnung an [Schm02]):

- Örtlichkeit und Nähe: Die Relevanz einer Kontextinformation nimmt hiernach mit zunehmendem Abstand zum Entstehungsort ab
- Zeit: Die Relevanz einer Kontextinformation verringert sich mit zunehmendem zeitlichem Abstand von der Informationsentstehung
- Transparenz (und Widerspruchsfreiheit) der Kontextinformationen

Die Gewichtung der einzelnen Teilinformationen kann in Abhängigkeit von Ort und Zeit beispielsweise mit Methoden der Fuzzy Logik erfolgen. Aus der resultierenden Kontextbeschreibung lassen sich aktuelle Informationsbedarfe des Kunden ableiten. Zur Deckung dieser Bedarfe ist in einem zweiten Schritt ein Matching-Prozess zu initiieren, der die benötigten Informationen für den Kunden zusammenstellt. Hierbei sind unter anderem zu berücksichtigen:

- Persönliche, vom Kunden spezifizierte Präferenzen
- Vorkenntnisse (zum Beispiel schematisiert erfassbar über Bildungsstand, Erfahrung, bereits früher abgerufene Informationen usw.)
- Gewohnheiten (ggf. ableitbar aus vergangenem Verhalten)

Die hier angesprochene vermehrte Erfassung von Kundeninformationen zur Verbesserung der Informationsrelevanz ist jedoch nicht unumstritten, da sie zu Zielkonflikten führt. Der höheren

Servicequalität und dem daraus resultierenden Mehrwert für die Kunden stehen Gefahren im Bereich des Datenschutzes gegenüber, die zu einem Verlust des Kundenvertrauens führen könnten („gläserner Kunde“).

2.2. Der Bedienkomfort (Ease of Use)

Die Bedeutung des (wahrgenommenen) Bedienkomforts für den Erfolg neuartiger Technologie wurde bereits frühzeitig erkannt (so [Rock87] in Bezug auf Informationssysteme). Bedienkomfort bedeutet, dass jederzeit und überall eine einfache, effiziente und effektive Durchführung der Systemaktivitäten gewährleistet sein muss. Im Bereich des ubiquitären Computings sind diese Faktoren besonders wichtig, da es sich hierbei um Systeme handelt, die ein breites, nicht-technikorientiertes Publikum ansprechen sollen. Ziel ist dabei nicht nur die ubiquitäre Verfügbarkeit, sondern auch die weitgehende Unsichtbarkeit der Systeme [GuMo04]. Hieraus lassen sich drei Unterziele für die Erreichung des größtmöglichen Bedienkomforts ableiten: Anwendungsfreundlichkeit (Usability), Interoperabilität und Reduktion des Aufmerksamkeitsbedarfs (Attention)

2.2.1. Anwendungsfreundlichkeit (Usability)

Der Begriff der Anwendungsfreundlichkeit bezieht sich auf die ergonomische, intuitive Gestaltung der Benutzerschnittstellen (produktorientierte Sicht) sowie dem daraus resultierenden Bedienungsaufwand für den Anwender (nutzerorientierte Sicht, für eine eingehende Diskussion des Begriffs „Usability“ siehe auch [BeKM91]). Ein hoher Grad an Ergonomie und Intuitivität kann durch die Nutzung natürlicher Informationsmedien wie Sprache, Gestik und Mimik für die Systemsteuerung erreicht werden. Hierbei kommt es darauf an, fehlertolerante Informationserfassungssysteme zu entwickeln, die trotz der Variabilität natürlicher Input-Medien (z.B. Stimmhöhe, Gesichtsform) eine hohe Erfassungszuverlässigkeit garantieren können.

In pervasiven Dienstumgebungen, die gekennzeichnet sind durch die Interaktion einer Vielzahl miniaturisierter Hardwarekomponenten, würde eine Steuerung durch den Benutzer zu einer Reiz- und Informationsüberflutung führen und die Systemakzeptanz erheblich beeinträchtigen. Aus dieser Problemstellung resultiert die Forderung nach einer „Unsichtbarkeit“ der Systeme und ihrer Komponenten. Dieses Ziel kann erreicht werden durch die Nutzung kontextsensitiver, personalisierter Systemumgebungen, die es den Softwareanwendungen erlauben, die Bedürfnisse und Wünsche des Anwenders vorauszuahnen und selbständig geeignete Dienste bereitzustellen. Im Bereich der netzbasierten Dienste wurden erste Ansätze hierfür entwickelt [PiEG04]. Die vorhandenen Lösungen haben jedoch noch empfehlenden Charakter und erfordern ein Mindestmaß an aktiver Benutzerinteraktion. Sie müssen daher zu autonom handelnden Systemen weiterentwickelt und auf mobile, ubiquitäre Umgebungen mit einer Vielzahl heterogener Geräte und Applikationen portiert werden.

2.2.2. Interoperabilität

Aus den Anforderungen nach Unsichtbarkeit und ubiquitärer Verfügbarkeit folgt unmittelbar die Forderung nach einem hohen Grad der Interoperabilität der beteiligten Systeme und Komponenten. Ubiquitous Computing ist geprägt durch die spontane Vernetzung intelligenter Kleinstgeräte zur situationsabhängigen Bereitstellung adaptiver Dienste. Hieraus lassen sich drei Arten der Interoperabilität ableiten (zur Interoperabilität, siehe auch [Stra03]):

- Die Plattform-Interoperabilität zielt ab auf die technischen Möglichkeiten des gegenseitigen Datenaustauschs zwischen den beteiligten Kleinstgeräten (und ggf. übergeordneten Systemen)

- Die Software-Interoperabilität bezieht sich auf die Verfügbarkeit gemeinsamer Softwareschnittstellen zum logisch-strukturierten Informationsaustausch zwischen den beteiligten Diensten
- Die Kontext-Interoperabilität bezieht sich auf die Fähigkeit zur automatischen Abstimmung von Diensten auf den vorhandenen situativen und personellen Kontext

Standardisierung der Kommunikation, der Softwareschnittstellen und der Kontextinformationen sind unverzichtbare Voraussetzungen, um den für einen kommerziellen Erfolg von Ubiquitous Computing Lösungen notwendigen Interoperabilitätsgrad zu erreichen. Während im Bereich der Kommunikation bereits eine Vielzahl genormter Kommunikationswege zur Verfügung steht (Bluetooth, Irda, ZigBee etc.), ist zurzeit noch unklar, ob sich in den Bereichen Kontext und Softwareschnittstellen einheitliche Industriestandards durchsetzen werden. Der Standardisierungsprozess für Kontextinformationen steht ganz am Anfang, erste Vorschläge zur Entwicklung einer „Context Ontology Language“ [Stra03] [StLP03] [SLPK03] wurden jedoch in letzter Zeit ausgearbeitet.

2.2.3. Aufmerksamkeitsbedarf (Attention)

In vielen Anwendungsszenarien verspricht das Ubiquitäre Computing die zunehmende Automatisierung und Vereinfachung von alltäglichen, wiederholten Abläufen und den erleichterten Austausch von Informationen im Hintergrund. Das Konzept des „Calm computing“ [WeGB99] setzt sich dabei als wesentliches Ziel, den Aufmerksamkeitsbedarf alltäglicher Abläufe zu verringern und das individuelle Aufmerksamkeitsbudget auf diese Weise zu entlasten.

Mit der allgegenwärtigen Verfügbarkeit miniaturisierter, eingebetteter Systeme multipliziert sich allerdings auch die Anzahl potentieller Mensch-Maschine-Schnittstellen. Immer neue Kanäle eröffnen sich, über die ein Zugriff auf die Aufmerksamkeit von Individuen möglich ist. Fraglich ist daher, wie man mit dem knappen Gut der Aufmerksamkeit in Zukunft umgehen wird, welches bis dato in vielen Bereichen als freies öffentliches Gut von kommerziellen Institutionen konsumiert werden kann. Schon Herbert Simon bemerkte warnend [Simo71]:

"What information consumes is rather obvious: it consumes the attention of its recipients. Hence a wealth of information creates a poverty of attention and a need to allocate that attention efficiently among the overabundance of information sources that might consume it."

Mit der wachsenden Daten- und Informationsflut [Fich01] und der Bedeutung der Informationsverarbeitung steigt der Bedarf, die eigene Aufmerksamkeit effizient auf rivalisierende Nutzungsarten zu verteilen. Und auch unter den Nachfragern der Aufmerksamkeit (den Unternehmen) herrscht zunehmende Rivalität um das begrenzte Aufmerksamkeitsbudget der Kunden.

Es ist daher nicht auszuschließen, dass der Aufmerksamkeitsbedarf im Ubiquitous Computing zu einem entscheidenden Engpassfaktor wird. Schon heute gibt es Bereiche, wo ein Verlust der Kontrolle über das eigene Aufmerksamkeitsbudget zu einer Abwendung/Abwehr auf Seiten des Kunden führt. Beispielhaft sei die Nutzung von Spamfiltern in E-Mail Systemen genannt, Werbefilter für den heimischen Videorecorder oder einfach ein sich ‚physisches‘ Entziehen vor der Werbeflut (indem man beispielsweise den Fernsehkanal wechselt oder die Pausen zwischen den Filmen für andere Dinge nutzt). Fakt ist, dass die Werbewirksamkeit der Medien durch das generelle Überangebot leidet, es kommt zu negativen externen Effekten für alle Werbetreibende.

Aus diesem Grund haben einige Wissenschaftler eine Debatte zur ‚Ökonomie der Aufmerksamkeit‘ angestoßen. Insbesondere in Anbetracht des wertmäßigen Gefälles möglicher Nutzungsarten und der Gefahr einer drohenden Informationsflut ist zu diskutieren, inwieweit der Konsum von Aufmerksamkeit auch weiterhin als freies Gut betrachtet werden darf [Gold05]. Nicht ohne Grund wurden auf Ebene der Gesetzgebung weit reichende Schritte unternommen,

um unerwünschten Aufmerksamkeitskonsum einzuschränken (so zum Beispiel Verbot von Telefonmarketing ohne Zustimmung des Verbrauchers (Art. 12 RL 97/66/EG, [Pasc02]), Pflicht zur Beachtung von Robinson-Listen (Art. 7 Abs. 2, RL 2000/31 EG)). In der Praxis scheitert die konsequente Durchsetzung der hier kodifizierten Konsumentenrechte aufgrund des hohen Aufwands bei der Rechtsdurchsetzung.

2.3. Vertrauen

Die Servicewahl des Endkunden wird signifikant vom subjektiven Vertrauen in den jeweiligen Diensteanbieter beeinflusst (so [ChGS2004] in Bezug auf E-Commerce). Vertrauen bezieht sich dabei zum einen auf die Fähigkeit des Anbieters, die gewünschte Leistung zum vereinbarten Zeitpunkt in der geforderten Qualität und zu einem akzeptablen Preis zu erbringen (availability) und zum anderen auf das Thema Datenschutz und Datensicherheit. Die wahrgenommene Leistungsfähigkeit wird dabei geprägt vom Firmenimage und von den bisherigen Erfahrungen des Kunden mit dem Anbieter. Datenschutz umfasst den „Schutz von Daten vor Missbrauch, unberechtigter Einsicht oder Verwendung, Veränderung oder Verfälschung“ [Pomm1991], Datensicherheit bezieht sich auf die Gesamtheit der technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels.

Zusammenfassend lassen sich folgende, vertrauensfördernde Faktoren identifizieren:

- Servicegrad / Diensteverfügbarkeit
- Dienstqualität
- Wahrgenommene Kontrolle des Kunden über die Datenerfassung und Verarbeitung
- Verantwortungsvolle Nutzung personenbezogener Daten
- Implementierte technische Maßnahmen zum Schutz persönlicher Daten
- Reputation des Diensteanbieters
- Beachtung der Privatsphäre (nicht-intrusive Dienstleistung)
- Empfundene Fairness bei der Preisgestaltung

Diese Faktoren werden die Entwicklung des Ubiquitous Computing entscheidend mit bestimmen, da es nur bei einem hinreichenden Verbrauchervertrauen sein ökonomisches Potential entfalten kann.

2.4. Fazit

Aus der Nachfrageseite lassen sich Entwicklungsbedarfe für das Ubiquitous Computing ableiten. Nur wenn es der Industrie – ggf. mit staatlicher Unterstützung – gelingt, für möglichst viele dieser Bedarfe Lösungen zu akzeptablen Kosten zu finden, wird sich Ubiquitous Computing im großen Maßstab in unserem alltäglichen Leben durchsetzen können. Im Einzelnen ergeben sich aus unserer Sicht folgende Anforderungen:

- Entwicklung **offener Standards** zur Förderung der Geräte- und Dienstinteroperabilität. Dies bezieht sich auf alle Interoperabilitätsebenen, also auf die **technische Interoperabilität, die Software-Interoperabilität und die Kontextinteroperabilität**. Ziel sollte es sein, möglichst einen einheitlichen Standard am Markt zu etablieren und die Entwicklung vieler konkurrierender Systeme zu vermeiden. Hieraus erwächst für die Politik die Anforderung, entsprechende Standardisierungsaktivitäten zu fördern und zu koordinieren. Um eine internationale Nutzung des Ubiquitous Computing zu ermöglichen (e.g. „Ubiquitous-Roaming“), ist eine Abstimmung auf europäischer (und sogar globaler) Ebene unabdingbar. Zur Förderung der Dienstinteroperabilität sind Automatismen zu entwickeln, die aus einem Reservoir von Dienstangeboten passende Dienstbündel für den Kunden zusammenstellen können. Erste methodische Ansätze zur kooperativen Dienstentwicklung und -bereitstellung wurden bereits erarbeitet [AmFW03], eine praktische Umsetzung im industriellen Maßstab steht jedoch noch aus.

- Erhöhung der Relevanz bereitgestellter Informationen und damit verbundenes **„sparsames“ Umgehen mit dem Gut der Aufmerksamkeit**: Dies kann erreicht werden durch die Entwicklung und Optimierung von Filtermechanismen, durch Werkzeuge zum automatischen Abgleich zwischen dem situativen und individuellen Informationsbedarf und durch Algorithmen zur Identifikation typischer Kontextsituationen. Ebenso sollte auf normativer Ebene darüber nachgedacht werden, in wie fern Aufmerksamkeit auch weiterhin frei und öffentlich zugänglich von Unternehmungen konsumiert und Bestandteil von Geschäftsmodellen werden darf, ohne den Kunden entsprechend zu entschädigen bzw. auch ohne ihm eine „opt-out“ Chance zu geben.
- Um bei den Kunden **Vertrauen in die neuen Technologien** und Dienste zu wecken, ist es wichtig, von Anfang an ein angemessenes **Datenschutzniveau** zu garantieren und von Seiten der Anbieter eine aktive, datenschutzorientierte Geschäftspolitik zu betreiben. Es ist unabdingbar, organisatorische und technologische Schutzmechanismen zu entwickeln, die auch in ubiquitären, mobilen und „atomaren“ (das heisst aus einer Vielzahl kleiner Komponenten) bestehenden Umgebungen einen angemessenen Datenschutz gewährleisten. „Angemessen“ ist dabei jeweils im personenbezogenen und situativen Kontext zu verstehen. Es geht nicht darum, stets maximale Sicherheit zu gewährleisten, sondern nur eine dem Gefährdungspotential angepasste Sicherheit. In Anbetracht der beschränkten Ressourcen und der Upgrade-Problematik bei eingebetteten Systemen ist davon auszugehen, das im UC in der Regel nicht das höchste, technisch mögliche Datenschutzniveau realisiert werden kann.
- Von Seiten der Diensteanbieter ist darauf zu achten, dass die angebotenen Dienste von Anfang an die Grunderwartungen des Kunden in Bezug auf **Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit** erfüllen, da negative Erfahrungen der Erstbenutzer die entsprechende Dienstekategorien in Verruf bringen und die Branchenentwicklung sehr negativ beeinflussen können. Fehler der Vergangenheit, wie zum Beispiel bei der Einführung erster WAP-Dienste, könnten so vermieden werden. Bei der Preisgestaltung ist auf Kostentransparenz zu achten. **Die Preise müssen sich am tatsächlichen Nutzen für den Anwender orientieren.**

Neben der hier diskutierten Nachfrageseite wird die Entwicklung des Ubiquitous Computing natürlich auch von den Strukturen und Entwicklungen auf der Anbieterseite beeinflusst. Diesen Faktoren widmet sich der folgende Abschnitt 3.3.2.

3. Angebotssicht: Welche Marktstrukturen und Innovationsprozesse wirken als Bestimmungsfaktoren für die Entwicklung von UC-Märkten?

Auf der Angebotsseite wird die Entwicklung des UC entscheidend von den technologie- und applikationsspezifischen Innovationsprozessen sowie den jeweils relevanten Marktstrukturen bestimmt. Die Innovationsprozesse fördern oder hemmen die Innovationsgeschwindigkeit, und die Marktstrukturen wirken sich auf die Rentabilität und die Technologiediffusion im Markt aus.

3.1. Marktstrukturen im Ubiquitous Computing: Zementierung versus Aufbruch

Bislang schreitet die Entwicklung konkreter Anwendungen des Ubiquitous Computing nur langsam voran. Dies mag zum einen darin begründet sein, dass sich viele der technologischen Lösungen nach wie vor in der Entwicklung befinden, so dass die Marktreife in einigen Bereichen noch nicht gegeben ist. In anderen Fällen ist die Marktgröße noch nicht ausreichend, um umfassende Investitionen in die nötige Infrastruktur zum jetzigen Zeitpunkt zu rechtfertigen. Doch der Blick auf die heutigen Marktstrukturen verdeutlicht, dass sich zusätzliche Hemmnisse auch aus der gegenwärtigen Anbieterstruktur heraus ergeben können.

Eine eindeutige Wertschöpfungskette für Produkte und Dienste im Ubicomp lässt sich nur schwer ermitteln. Im Grunde ergibt sich der Nutzen jedes Produkts oder jedes Dienstes aus dem aufeinander abgestimmten, synergetischen Zusammenspiel einzelner komplementärer Elemente. Diese Elemente lassen sich in vier Ebenen einteilen: Hardware, Zugang, Anwendungen und Inhalte. Wie im OSI-Referenzmodell aus technischer Sicht entsteht erst durch das Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Wertschöpfungsebenen ein marktfähiges Produkt (siehe Abbildung 1). Das Beispiel der GSM basierten Location Based Services (Lokalisierungsdienste) mag dies verdeutlichen. Hier ist auf der Hardwareseite zunächst eine Aufrüstung der Netzinfrastruktur erforderlich, um eine genaue Ortung des Kunden innerhalb von Zellen durchführen zu können. Diese Information muss dann mittels einer entsprechenden Middleware anderen Service Providern zur Verfügung gestellt werden (Access) bzw. kann auch intern weiterverwendet werden, um Kunden mobile Datendienste zur Verfügung zu stellen. Diese Anwendungen (Applications), zu denen beispielsweise das Flottenmanagement, Friend-Finder oder Find-the-Nearest Lösungen zählen müssen jedoch nebst der Software selbst mit entsprechenden Inhalten angereichert werden. Zentral ist dabei im Falle der Ortungsdienste das Kartenmaterial, welches sich traditionell in der Hand des Verlagswesens befindet. Nur durch das Zusammenspiel all dieser Ebenen und Marktteilnehmer ist es möglich, dem Endkunden einen entsprechenden Dienst zur Verfügung zu stellen.

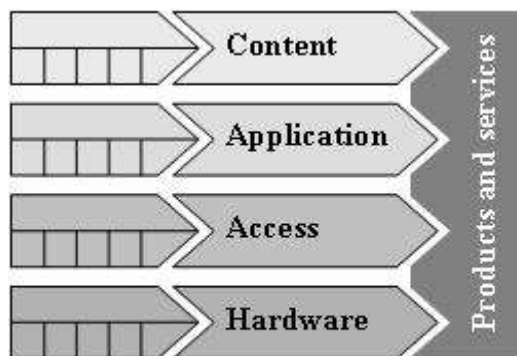


Abbildung 1: Wertschöpfungsebenen des UC

Da sich hinter jeder Ebene ein eigener Produktionsprozess, d.h. eine eigene Wertschöpfungskette, verbirgt, sind Unternehmen unterschiedlichster Herkunft an der Bereitstellung von Diensten beteiligt. In den Markt für Ubicomp-Dienste treten vor allem Unternehmen ein, die sich aufgrund bestehender Ressourcen, bestehender Infrastruktur oder bereits erworbenen Wissens auf den jeweiligen 'Ebenen' ihrer Industrie durch einen komparativen Vorteil ausgezeichnet haben. Hierbei handelt es sich häufig um Großunternehmen, die in ihrer Ebene große Marktmacht besitzen und nun in andere Ebenen hinein expandieren wollen. Entsprechend ihrer aktuellen Marktposition gehen sie mit großzügigen Margenerwartungen an das neue Geschäftsfeld heran. Welches dieser Unternehmen letztlich gegenüber dem Kunden als Anbieter des Dienstes auftritt, lässt sich in dieser allgemeinen Form nicht immer identifizieren. Grundsätzlich bietet die Kontrolle des Netzzugangs Wettbewerbsvorteile, da hier eine direkte Kundenbeziehung besteht, die für ein individuelles Marketing genutzt werden kann. Ungeklärt ist aber, ob dieser Netzzugang stärker durch das Endgerät oder stärker durch den Netzbetreiber gesteuert werden wird. Darüber hinaus sind für viele Dienste spezifische Informationen erforderlich, die nur vom Netzbetreiber flächendeckend und kostengünstig bereitgestellt werden können (z.B. Ortungsdaten) oder aber von Unternehmen, die die Rechte an bestimmten Inhalten besitzen (z.B. Kartenmaterial) oder an beliebten Marken (z.B. Time Warner für Harry Potter Spiele).

3.1.1. Horizontale Integration von Anbietern

Die in den letzten Jahren häufig zu beobachtende horizontale Integration zwischen Unternehmen führte bislang zu einer stetigen Konzentration der Anbieter gleicher Ebene. Auch wenn hierbei wohl in erster Linie die Erlangung von Skalenvorteilen im Vordergrund stand, bedeutet dies über einen Zuwachs an Marktanteilen auch eine Zunahme der Verhandlungsmacht gegenüber den Anbietern anderer Schichten.

Die Konzentration hat somit zur Folge, dass sich bei der Bereitstellung von Diensten im Ubicomp in vielen Bereichen wenige große Unternehmen gegenüber stehen. Man würde hier eigentlich erwarten, dass durch die reduzierte Anzahl an Akteuren die Koordination in einem solchen Marktumfeld erleichtert wird. Doch Gegenteiliges könnte ebenso der Fall zu sein: Aufgrund ihrer Marktstellung (insbesondere im Access- und Content-Bereich) treten die einzelnen Beteiligten mit hohen Margenerwartungen aufeinander zu, was zu hohen Endpreisen führt und die Bereitstellung von Ubicomp-Diensten hemmt. Offenbar befinden sich die Akteure vielfach in einem Gefangenendilemma: die aus ihrer subjektiven Sicht optimale Preissetzung führt aus objektiver Sicht zu suboptimalen Ergebnissen. Die hohen Preise für mobile Datendienste sind ein gutes Beispiel für diese Entwicklung.

3.1.2. Ebenenübergreifende Konzentrationsprozesse

Aus Anbietersicht lässt sich das Koordinationsproblem des Gefangenendilemmas durch strategische Allianzen oder Joint Ventures lösen. Ein weiterer, in der Praxis häufig gegangener Weg ist die ebenenübergreifende Konzentration von Diensten und Produkten.

Aus Unternehmenssicht bietet eine ebenenübergreifende Integration Vorteile, da hierdurch die Errichtung und Ausweitung von Markteintrittsbarrieren begünstigt wird. So ist es denkbar, dass Unternehmen, die auf einer Wertschöpfungsebene eine marktbeherrschende Stellung innehaben, diese durch Produktbündelung auf andere Ebenen übertragen. Ein Beispiel für solche Marktstrategien ist der gezielte Ankauf von Rechten an Gemälden durch Microsoft. Würde Microsoft auf dem Markt der digitalisierten Gemälde eine dominierende Stellung erlangen, so könnte das Unternehmen diese Dominanz nutzen, um den Markterfolg seiner Applikationslösungen überall dort langfristig abzusichern, wo digitalisierte Gemälde für die Erbringung von Diensten erforderlich sind (Beispiel: Museumsführungsdienste).

Der exklusive Zugriff auf Schlüsselressourcen und -technologien kann allerdings nur dann auch zu einem komparativen Vorteil führen, wenn sich der Ressourcenvorteil durch eine gewisse Dauerhaftigkeit auszeichnet (siehe hierzu auch den weit verbreiteten ressourcenbasierten Ansatz der strategischen Planung). Hier spielen Patente, Urheberrechte und Schutzrechte eine große Rolle, denn diese zementieren einen längerfristig exklusive Bereitstellung von Diensten durch den Rechteinhaber.

Allerdings besteht für Anbieter aller Ebenen auch die Gefahr der Substitution durch Alternativtechnologien, insbesondere dann, wenn sie sich durch ihre aggregierten Margenerwartungen aus Kundensicht ‚selbst aus dem Markt preisen‘. So ist es im Ubiquitous Computing z.B. denkbar, dass in Zukunft Peer-to-Peer-Lösungen eine zunehmende Bedeutung gewinnen und zumindest auf der Access-Ebene zu einer Auflösung innovationshemmender Strukturen führen. Bereits jetzt ist eine lokale Informationsübertragung über Bluetooth und Wireless-LAN unter Umgehung übergeordneter Netzwerkbetreiber denkbar. Die Ortung über W-LAN ist auch hier ein gutes Beispiel. Dienste, die keinen Zugriff auf die kostenintensive Mobilfunk-Infrastruktur haben, könnten sich also mittels neuer UC-Technologien aus der Umklammerung großer Unternehmen herauslösen. Ebenso verspricht der Aufbau von frei zugänglichen Inhalten (z.B. Wikipedia) die Umgehung von kostenintensiven etablierten Anbieterstrukturen.

Die zurzeit in vielen Bereichen zu beobachtenden Produktbündelungen bergen die latente Gefahr, dass technisch zweitklassige Lösungen eine dominierende Marktstellung erreichen (zum Beispiel durch Kopplung mit beliebten Inhalten). Sind solche inferioren Lösungen erst einmal etabliert, so wird ihre Dominanz aufgrund von Netzwerkeffekten noch weiter verstärkt. Technisch überlegenen Alternativlösungen ist es dann kaum noch möglich, einen signifikanten Marktanteil zu gewinnen. Auf lange Sicht könnte hierdurch die Fortentwicklung des Ubiquitous Computings gehemmt werden. Es wäre daher erstrebenswert, rechtliche Lösungen zu finden, die einen Rechtsmissbrauch durch ebenenübergreifende Produktbündelung unterbinden – ohne die berechtigten ökonomischen Interessen der Rechteinhaber zu sehr zu beschneiden.

3.2. Treiber und Hemmfaktoren von Innovationsprozessen

Im vorangegangenen Abschnitt wurden mehrere Treiber für eine stärkere Konzentration und Integration bei den Anbietern von Ubiquitous-Computing-Diensten identifiziert. Welche Folgen hätte dies für den Wettbewerb und die Innovationsfähigkeit im Markt für UbiComp-Dienste? Während Innovation aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft ist, bedeutet sie zugleich auch immer einen Wandel von etablierten hin zu neuen Marktstrukturen. Dieser Wandel kann eine Bedrohung für die etablierten Marktteilnehmer darstellen. Bestehen allerdings Markteintrittsbarrieren und wirksame Ressourcenvorteile wie oben beschrieben, so etablieren sich solche substitutiven Technologien nur schwer – der Wandlungsprozess wird verlangsamt und erlaubt es den etablierten Anbietern, sich rechtzeitig auf die neuen Innovationen einzustellen.

Die direkte oder indirekte Tendenz, Markteintrittsbarrieren über Ebenen hinweg auszudehnen, verstärkt diesen Effekt weiter. Wollte es ein Wettbewerber unter Verwendung von Alternativtechnologien mit dem bestehenden Anbieter aufnehmen, muss er erst einmal Substitute auf mehreren Ebenen etablieren, um Zugriff auf die nötigen komplementären Elemente für ein marktreifes Produkt zu erlangen. Die erforderlichen Investitionen, Ressourcen und auch das Investitionsrisiko sind ungleich höher. Dies führt dazu, dass kleinen Wettbewerbern ein Markteintritt ggf. unmöglich wird und auch potentielle, große Wettbewerber von einem Markteintritt wirkungsvoll abgeschreckt werden könnten.

Der folgende Abschnitt befasst sich daher mit der Frage, welche Architekturen und Innovationsprozesse besonders geeignet sind, trotz dieser Hemmnisse tief greifende Änderungen der Marktstrukturen zu bewirken. Wir möchten uns dabei insbesondere auf die Bedeutung des end-to-end Prinzips fokussieren.

Das end-to-end Prinzip und dessen Bedeutung für die technische Innovation

Das end-to-end Argument (e2e) wurde erstmals 1981 von Jerome Salzer, David Clark und David Reed propagiert [SaCR81]. Es besagt zunächst technisch, dass Rechenfunktionen eher nicht auf unteren Schichten ausgeführt werden sollten (also auf der Netzwerkebene), sondern auf höheren Applikationsschichten. Lawrence Lessig greift dieses Argument 2001 in seinem Buch ‚future of ideas‘ [Less01] auf. Darin argumentiert er, dass der hohe Grad an Innovation im Internet u.a. auf das e2e-Prinzip zurückzuführen ist, da es jedem Besitzer eines Rechners die Möglichkeit gibt, ‚erfinderisch‘ tätig zu sein. Lessig plädiert daher für „einfache Netzwerke und intelligente Anwendungen“ (S. 34 in [Less01]). Als Beispiel führt Lessig das Innovationstempo im klassischen Telefonnetz an und vergleicht dieses mit der Innovationsgeschwindigkeit im Bereich des Internets. Lessig kommt zu dem Schluss, dass der im Internet beobachtete Innovationsboom hauptsächlich durch das end-to-end Prinzip getrieben gewesen sei. Die Frage, die sich nun stellt, ist, ob und wenn ja wie eine Aufrechterhaltung des e2e-Prinzips auch im UbiComp gewährleistet werden kann.

Gegenwärtige Bestrebungen, Clients nur noch minimal mit Applikationen auszustatten und statt dessen von zentralen Diensten abhängig zu machen, den Zugang zu mobilen Datendiensten auf das Portal des jeweiligen Mobilfunkanbieters (und seiner Partner) zu reduzieren (z.B. Vodafone

life!, i-mode), Ortung von Endgeräten vom Netzwerk abhängig zu machen (A-GPS anstelle von GPS) oder gar das in Betrieb nehmen von eigenen Endgeräten ohne Authentifizierung zu unterbinden, sind Entwicklungen, die einem unabhängigen und freien Betrieb von ‚End‘-Geräten widersprechen. Ebenso sind Technologien wie RFID und Sensornetzwerke per definitionem vom Netzwerk abhängig, da sie selbst (noch!) nicht genügend Energie und Prozessorleistung besitzen, um unabhängig vom Netzwerk nutzbar zu sein.

Zielt man auf einen intensiven Wettbewerb und einen hohen Innovationsgrad ab, so kann das End-to-end-Prinzip signifikante Vorteile gegenüber zentralisierten Netzwerklösungen bieten. Werden die Endgeräte von einer intelligenten Netzstruktur dominiert, lassen sich dagegen der Netzzugang und die Netznutzung besser koordinieren, kontrollieren und überwachen. Auch die Probleme konkurrierender Standards und inkompatibler Schnittstellen könnten bei einer zentralen Netzwerklösung reduziert werden. Darüber hinaus lassen sich Updates von Software in zentralisierten Umgebungen leichter implementieren, und gegebenenfalls ergeben sich auch im Bereich der Kommunikationstechnik Skalenerträge. Aufgrund dieser gegenläufigen Effekte muss für jede Anwendung eine Einzelfallentscheidung über das optimale Prinzip getroffen werden.

Bedeutung für die Gestaltung von Innovationsumgebungen

Die Bedeutung des End-to-end-Prinzips, der Erhalt der freien Innovationsfähigkeit also ‚an den Enden‘ des Netzwerks ist auch am Beispiel der Softwareentwicklung nachvollziehbar. Eric S. Raymond unterscheidet am Beispiel der Softwareentwicklung in diesem Zusammenhang zwei grundlegende Ansätze [Raym01]: Während das stark zentralisierte Kathedralen-Modell die Koordination der Entwicklung in die Hand einer festen Institution legt, organisiert sich die Open Source Bewegung nach dem verteilten Basar-Modell: Innovation entsteht hier aus der Zusammenarbeit unter Gleichen, dezentral, bildlich ‚an den Enden‘ und lediglich gestützt durch zentrale Regeln und Koordinatoren.

Wenngleich Raymond seinen Ansatz vor allem auf die Entwicklung freier Software bezieht, lassen sich auch auf anderen Ebenen solch verteilte Strukturen beobachten. In vielen Bereichen hat die Open Source Philosophie Fuß gefasst, in der eine große Community aus eigenem Antrieb heraus einen Beitrag zum Ganzen leistet. Als Beispiel sei hier die Entwicklung des Online-Lexikons „Wikipedia“ genannt, das in den letzten Jahren zu einem ernst zunehmenden Konkurrenten kommerzieller Produkte herangewachsen ist.

Im Gegensatz zu diesen kommerziellen Produkten vertraut die Bewegung freier Software oder freier Inhalte vor allem auf die intrinsische Motivation der Beteiligten. Neben Signalisierungskalkülen und der Problemlösung zu niedrigen Kosten sind es vor allem intrinsische Anreize, mit denen sich die Bereitstellung freier Produkte, deren Dokumentation und die bereitwillige Unterstützung der Anwender erklären lassen. Eine zu starke Rolle extrinsisch motivierter Beteiligter kann dagegen zu einem Versagen der Community führen [OsRK02].

Wie sich die Open Source Community in Zukunft weiter entfalten wird, lässt sich derzeit noch nicht absehen. Aus ökonomischer Sicht ist sie vor allem deshalb interessant, da es gerade nicht die Gewinninteressen sind, die dort die Entwicklung und Adoption von Technologien treiben. Möglicherweise ist es demzufolge eben die Open Source Community, die in vielen Fällen am ehesten in der Lage ist, Substitute zu bestehenden Diensten zu etablieren.

Zudem erleichtert gerade die sensorgestützte Erfassung von Daten und Informationen im Ubiquitous Computing die öffentliche Bereitstellung von Inhalten, ohne dass eine große intrinsische Motivation erforderlich ist - soweit Vertrauen in die Verwendungszwecke besteht (was jedoch je nach Sensitivität der Daten ein Kernproblem darstellen kann). Es spricht beispielsweise nichts dagegen, Stauinformation dezentral von Autofahrern zu erfassen (anstelle einer zentral gepflegten Informationsdatenbank). Vielleicht bietet demgemäß gerade das Ubiquitous Computing die Chance, stärker auf offene Communities und freie Inhalte zu bauen.

3.3. Fazit

In Bezug auf mögliche Auswirkungen des Ubiquitous Computing auf Marktstrukturen und Innovationsumgebungen bedürfen folgende Aspekte daher besonderer Aufmerksamkeit:

- die Gefahr, dass Unternehmen über die Bündelung von geschützten und ungeschützten Produkten eine marktbeherrschende Stellung erlangen oder ausdehnen,
- die Problematik des Zugangs zu zentralen Infrastruktureinrichtungen
- die Thematik der Standardisierung
- die Bedeutung des End-to-end-Prinzips für die Innovationsdynamik und den Wettbewerb

Wie sich das Ubiquitous Computing bezüglich dieser Aspekte auswirkt bzw. entwickelt, kann dabei von der Politik entscheidend beeinflusst werden – zum einen über die wettbewerbsrechtlichen Rahmenbedingungen und zum anderen über Förderungsmaßnahmen für den F&E-Bereich sowie die Standardisierung.

4. Auswirkungen des UC auf die Wertschöpfung

Die technischen Entwicklungen im Ubiquitous Computing werden nicht ohne Auswirkungen auf bestehende Wertschöpfungsprozesse bleiben. Zusatznutzen für die Unternehmen entsteht dabei einerseits durch eine Optimierung vorhandener Arbeitsprozesse und zum anderen durch die Nutzung der zusätzlich gewonnenen Daten – wie in den folgenden Abschnitten diskutiert wird.

4.1. Produktivitäts- und Effizienzgewinne – Auswirkungen auf Arbeitsprozesse

Die rasante Verbreitung und Weiterentwicklung ubiquitärer Dienste und Lösungen wird signifikante Auswirkungen auf die Arbeitswelt der Zukunft haben. Die zunehmende Miniaturisierung von IT-Hardware sowie die Weiterentwicklung natürlicher Benutzerschnittstellen wird es ermöglichen, Informationssysteme in Umgebungen einzusetzen, in denen Sie zurzeit aufgrund technischer oder wirtschaftlicher Restriktionen nicht verwendet werden können. In Zukunft werden zum Beispiel kooperative Arbeitsumgebungen (CSCW, Computer Supported Cooperative Work) nicht nur im administrativ-planerischen Umfeld anzutreffen sein, sondern auch verstärkt Eingang in die produktiven Bereiche der Unternehmen finden.

Ein Einsatz von Informationstechnologie bei Tätigkeiten mit hohem manuellem Anteil wies bisher den entscheidenden Nachteil auf, dass die jeweiligen Systemnutzer ihre wertschöpfende Aufgabe unterbrechen mussten, um das System zu bedienen. Die daraus resultierende Zunahme nicht-wertschöpfender Tätigkeiten ließ den Einsatz entsprechender Softwarelösungen vielfach unwirtschaftlich erscheinen. Neuartige bzw. verbesserte Mensch-Maschine-Schnittstellen wie Spracheingabe und Blickanalyse könnten dazu beitragen, den Aufmerksamkeitsbedarf des Benutzers zu reduzieren. Durch den Verzicht auf manuelle Eingaben und die Reduzierung des Interaktionsbedarfs wird es möglich, die Systembedienung parallel zur eigentlichen Haupttätigkeit durchzuführen und so die negativen Effekte eines IS-Einsatzes im produktiven Umfeld zu minimieren. Zusatznutzen generieren die IT-Systeme zur Unterstützung der manuellen Arbeit nach Skattør et al. [SHBE04] in folgenden Bereichen:

- Verbesserte Möglichkeiten zur Kommunikation und Kooperation, auch über Distanzen hinweg
- Unmittelbare Überbrückung von Diskontinuitäten (z.B. Übermittlung des aktuellen Bearbeitungsstandes nach einem Schichtwechsel)
- Statuserfassung von Mitarbeitern (zur Koordination von Aktivitäten und zur Arbeitszeiterfassung)
- Unterstützung von Dokumentationsprozessen in der Qualitätssicherung oder bei der Produktrückverfolgung

- Unterstützung von Suchprozessen (zum Beispiel nach Material und Bauteilen)
- Bereitstellung von Situationsinformationen, insbesondere in sich ständig wandelnden Umgebungen (zum Beispiel in Flughäfen [ChMu01])

Besondere Relevanz wird diesen IT-basierten Unterstützungsleistungen bei der Fertigung von Produkten zukommen, die

- besonderen Dokumentationsanforderungen genügen müssen (z.B. Luftfahrzeuge)
- aufgrund ihrer physikalischen Größe nicht oder nur zu geringen Teilen automatisiert gefertigt werden können (z. B. Schiffe, Luftfahrzeuge, Druckmaschinen, Gebäude) oder
- eine extreme Typen- und Variantenvielfalt aufweisen (z. B. Druckmaschinen).

Hier können in Zukunft Ubiquitous Computing Lösungen eine Unterstützung der Arbeiter in Echtzeit ermöglichen, indem beispielsweise Produkt- und Montageinformationen über miniaturisierte, in eine Brille integrierte Displays bereitgestellt werden. Eingebettete Sensoren könnten die korrekte Ausführung von Arbeitsschritten automatisch überwachen und dokumentieren und so die Fertigungsqualität optimieren.

Positive Auswirkungen könnten ubiquitäre, bedienungsfreundliche Informationssysteme auch in der Anlaufphase von Serienprodukten haben, indem sie den noch lernenden Mitarbeiter beratend unterstützen, neu generiertes Erfahrungswissen archivieren und distribuieren und notwendige Produkt- und Prozessänderungen unmittelbar kommunizieren [MeKS04]. Dies kann dazu beitragen, den Produktionsanlauf effizienter zu gestalten, die Fehlerquote zu reduzieren, das maximale Produktionsvolumen schneller zu erreichen und so einen Mehrwert für das Unternehmen zu generieren.

Großes Potential für das Ubiquitous Computing besteht bei Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungsprozessen. So können in Geräte eingebettete Sensoren sich anbahnende Schäden an betriebsnotwendigen Bauteilen vorzeitig detektieren und automatisiert geeignete Gegenmaßnahmen veranlassen (bis hin zur Bestellung geeigneter Ersatzteile und zur Anforderung von Servicepersonal). „Wearable Devices“ bieten die Möglichkeit, dem Wartungspersonal überall entsprechende Instandhaltungspläne automatisiert bereitzustellen, bis hin zur gezielten Instruktion „on the job“. Bei Bedarf könnten sie sogar Expertenkonsultationen über weite Entfernungen hinweg ermöglichen (ggf. sogar mit integrierter Sprachübersetzungsfunktion). Vom Arbeiter vor Ort erfasste Ist-Daten kann das System darüber hinaus unverzüglich mit hinterlegten Soll-Profilen vergleichen und so die Fehleranalyse unterstützen [HRBM03].

Neben der Unterstützung manueller Tätigkeiten durch ubiquitäre Informations- und Kommunikationssysteme sehen Entwicklungsszenarien insbesondere eine zunehmende Verbreitung des Ubiquitous Computing im Logistik-Bereich voraus. Bereits jetzt werden hier UC-Komponenten wie RFID im großen Stil eingesetzt. In Zukunft dürfte sich dieser Trend fortsetzen und zu einer weiteren Erhöhung des Automatisierungsgrades führen. Die Entwicklung autonomer Agentensysteme für intelligente Logistikkomponenten (vom Regal über das Fördermittel bis hin zum Produkt) könnte in Zukunft dazu führen, dass sich Logistikprozesse selbständig konfigurieren und organisieren und im Idealfall sogar in der Lage sind, typische Fehler- und Problemsituationen autonom zu erkennen und zu beheben (zu autonomen Logistikprozessen siehe [ScWM04]). So könnte beispielsweise eine Milchflasche im Supermarkt erkennen, dass ihr Mindesthaltbarkeitsdatum abgelaufen ist und einen Serviceroboter anfordern, der sie aus dem Regal entfernt und einer fachgerechten Entsorgung zuführt.

Die diskutierten Einsatzfelder des Ubiquitous Computing zielen zum einen auf eine verbesserte Produktqualität und Produktsicherheit ab und zum anderen auf eine Optimierung des Arbeits-einsatzes. Weiteres Optimierungspotential kann darüber hinaus daraus resultieren, dass das Ubiquitous Computing die Zahl von Medienbrüchen in den Informationsverarbeitungsprozessen reduzieren kann. So wird das UC zunehmend den Menschen als Mittler zwischen der realen und der virtuellen Welt ersetzen [Matt04] [Flei01] und eine durchgängige, integrierte Datenhaltung

zwischen diesen Welten ermöglichen. Das Ubiquitous Computing ermöglicht letztendlich die Vernetzung von intelligenten Dingen und die zunehmende Automatisierung wiederkehrender Abläufe. Mit der stärkeren Vernetzung und Automatisierung wächst allerdings auch implizit das aufgebrachte Vertrauen in die regelbasiert ablaufenden Prozesse. Nicht alle Situationen lassen sich ex-ante bei der Etablierung solcher Systeme antizipieren, womit den Effizienzgewinnen auch ein entsprechendes Risiko gegenübersteht [BCLMR04].

Doch auch abgesehen von den eventuellen Risiken stellt sich aus ökonomischer Sicht die Frage, welche Auswirkungen die zunehmende Automatisierung auf die Gestaltung von Transaktionsabläufen hat. Welche Effekte ergeben sich aus dem Rückzug des Individuums von Entscheidungen in der Transaktionsanbahnung und -gestaltung? Welche Folgen hat es, wenn Kauf- oder Verkaufsprozess im Hintergrund ablaufen? Zu erwarten ist, dass das Ubiquitous Computing in diesem Bereich wesentliche Veränderungen in den bestehenden Marktmechanismen bewirken wird.

4.2. Informationsgewinne – der ökonomische Wert neu gewonnener Daten

Der verstärkte Einsatz von Sensortechnologien sowie die ubiquitäre Verfügbarkeit von Informationsnetzen ermöglichen im Ubiquitous Computing die Erfassung zahlreicher zusätzlicher Parameter und die Dissemination sämtlicher Daten in Echtzeit. Die über Kunden zur Verfügung stehende Datenmenge wird daher in Zukunft sowohl an Breite als auch an Aktualität gewinnen. Hieraus ergeben sich zusätzliche Verwertungspotentiale für die gewerbliche Wirtschaft. Ob dieses Verwertungspotential tatsächlich genutzt wird, ist dabei letztendlich davon abhängig, welchen Mehrwert diese Daten bieten können und mit welchen (monetären und sozialen) Kosten die Datennutzung verbunden ist. In der Literatur wurde dieses Phänomen noch nicht abschließend analysiert. Zum einen fehlt es noch an quantitativen (monetären) Bewertungen einzelner Parameter, zum anderen bezieht sich die Mehrzahl der Studien auf Datensammlung und –verarbeitung allgemein, ohne einen spezifischen Bezug zur Ubiquität.

Nutzungsmöglichkeiten

Grundsätzlich steht Unternehmen eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Nutzung von personenbezogenen Kundendaten offen. Hierzu zählen beispielsweise [SDGR03]:

- Servicedifferenzierung: Bevorzugte Behandlung wichtiger Kunden bzw. von Kunden mit Potential (je nach Profitabilität und Verhalten, zur Kundensegmentierung siehe auch [Boyc02])
- Produktdifferenzierung: Unterbreitung „maßgeschneiderter“ Angebote, zum Beispiel Zubehör zu bereits gekauften Produkten, gleichartige Produkte besserer Qualität (up-selling) oder Anbieten komplementärer Produkte (cross-selling).
- Preisdifferenzierung: Ausnutzung der (vermuteten) Zahlungsbereitschaft des Kunden durch individuelle Preissetzung (ggf. mit geringfügiger Variation des Produkts).
- Risikoabschätzung: Im Kreditwesen [Aalb04] und im Versicherungswesen [FiWe05] dienen Kundeninformationen einer individualisierten Risikoabschätzung und der maßgeschneiderten Anpassung der Risikoprämie.

Aufgrund der anfallenden großen Datenmengen bieten sich im Ubiquitous Computing signifikant erweiterte Differenzierungs- und Evaluierungsmöglichkeiten. Neben traditionellen Beurteilungskriterien wie Alter, Geschlecht, Wohnort, Ausbildungsstand können zusätzliche Parameter erfasst werden, wie etwa Bewegungs- und Verhaltensmuster. So diskutieren [FiWe05] die Erfassung von Bedienungs- und Verkehrsparametern im Automobil (Beschleunigungswerte, Geschwindigkeiten, Abstände zu anderen Fahrzeugen etc.) für die Erstellung individueller Risiko-profile. Zwar fokussieren sich die Autoren auf die ex-post-Analyse nach einem Schadensfall, doch ist grundsätzlich der Einsatz entsprechender Technologie auch ex-ante möglich.

Die Erstellung solch individualisierter Konsumentenanalysen ist umstritten. Ein potentieller Vorteil derartiger Technologien ist, dass sie zu einer gerechteren Prämienverteilung führen können. Die zurzeit eingesetzten schematischen und daher ungenauen Klassifikationsmechanismen werden durch eine weitaus genauere Beurteilungsmethodik ersetzt, so dass die Prämien ziemlich genau das reale Risiko reflektieren. Erkauft wird dieser Gerechtigkeitszuwachs durch einen Verlust an Privatsphäre, da die Versicherer und ggf. weitere Unternehmen wie Rückversicherer Einblick in das persönliche Risikoverhalten erlangen. Dadurch wird es für schlechte Risiken noch schwieriger, überhaupt eine Versicherung (oder einen Kreditgeber) zu finden. Beispiele aus der Vergangenheit zeigen, dass dies zum dauerhaften Ausschluss bestimmter Gruppen von den entsprechenden Märkten führen kann. Personen, die als schlechte Risiken identifiziert wurden, bekommen keinen Marktzugang mehr und haben daher zu einem späteren Zeitpunkt keine Möglichkeit, ihr Rating durch angepasstes Verhalten zu optimieren [Aalb04].

Aus den erweiterten Möglichkeiten zur Kundenanalyse und -identifikation, die die Datenflut im Ubiquitous Computing bietet, erwachsen andererseits zuverlässigen und wirtschaftsstarke Kunden Vorteile. Der Nutzen der Datenerfassung steigt in diesen Fällen mit zunehmendem Identifizierungsgrad an, da hierdurch das Vertrauen in den Kunden gestärkt und dem Anbieter der Aufbau einer personalisierten Kundenbeziehung ermöglicht wird. In Anlehnung an Deigthon [Deig04] werden dabei 4 Stufen der Identifizierbarkeit unterschieden:

- Transitorische Identifizierbarkeit: Ermöglicht die temporäre Identifizierung des Kunden im Rahmen einer Transaktion.
- Persistente Identifizierbarkeit: Erlaubt die Identifizierbarkeit über längere Zeiträume hinweg und somit den Aufbau von Reputation.
- Rollenspezifische Identifizierbarkeit: ermöglicht dem Kunden die Nutzung verhaltensbasierter Vorteile. Bei rollenspezifischer Identifizierbarkeit kann der Anbieter das Verhalten des Kunden analysieren und positives Kundenverhalten belohnen (zum Beispiel durch bevorzugte Behandlung bei der Abfertigung für Vielflieger, durch reduzierte Gebühren im Online-Banking etc.).
- Selbstidentifikation: Der Kunde wird nicht identifiziert, sondern er identifiziert sich selbst aktiv durch Übermittlung persönlicher Informationen

Starke Formen der Identifizierbarkeit ermöglichen es dem Kunden - ähnlich wie dem Anbieter - eine „Marke“ aufzubauen und sich so für den Geschäftspartner interessant zu machen. Darüber hinaus wird eine noch persönlichere Betreuung durch den Anbieter möglich. Ziel der Identifizierung auf Anbieterseite ist es, den Kunden besser kennen zu lernen und dann durch eine optimale Beratung zusätzliche Marktanteile hinzuzugewinnen. Boyce [Boyc02] weist jedoch darauf hin, dass es für alle Unternehmen „uninteressante“, weil unrentable Kundengruppen gibt, für die das Anbieten einer guten Beratung aus Unternehmenssicht keinen Sinn macht. Diese Kunden lassen sich mit Hilfe der zusätzlichen Informationen aus dem UbiComp noch genauer identifizieren. Ein Gewinn maximierendes Unternehmen wird daher versuchen, den Aufwand für diese unrentablen Kunden zu minimieren oder sie sogar langfristig „loszuwerden“. Der Zusatznutzen durch die neue Technologie wird daher nur einem Teil der Kunden zugute kommen, während andere aufgrund „unvorteilhafter Daten“ Nachteile erleiden. Vorhandene soziale Ungleichgewichte werden verschärft.

Problematisch ist hierbei, dass die große Flut von Daten, die das Ubiquitous Computing liefert, zwingend eine automatisierte Auswertung erfordert. Die Anwendung allgemeiner Filterungsregeln birgt die Gefahr der Fehlklassifikation und somit von Ungerechtigkeiten. Große Bedeutung kommt daher der Verbesserung von Typifizierungsalgorithmen zu. Zum einen müssen diese den Kunden so beurteilen, wie er tatsächlich ist, und zum anderen darf ein einmal gefasstes Kundenrating nicht auf ewige Zeiten zementiert werden. Eine wichtige Fragestellung wird dabei im Ubiquitous Computing sein, wer zu welchem Zweck und mit welchen Ontologien Typifizierungen durchführen kann und darf [Prin04] und wie die Korrektheit der Verarbeitung und Nutzung der Daten vom Individuum kontrolliert werden kann.

Die zusätzlichen Nutzungsmöglichkeiten der „neuen“ Daten im Ubiquitous Computing sind äußerst vielfältig. Ein wesentlicher Unterschied der Datenerfassung im Ubiquitous Computing besteht dabei darin, dass Konsumenten Daten nicht nur sporadisch (im Laden, an der Kasse) generieren, sondern durch ihr Verhalten eine kontinuierliche Datenflut produzieren, die sehr weitgehende Konsumentenanalysen ermöglicht. Technologien wie RFID erlauben es darüber hinaus, sich durch Fernabfrage auch einen Überblick über bisher verschlossene, private Bereiche der Verbraucher zu erlangen – so zum Beispiel durch Einscannen von Gegenständen in einer Wohnung oder gar im Kühlschrank.

So werden Szenarien diskutiert, in denen Kühlschränke mittels RFID ihren Wareninhalt überwachen und die dabei gewonnenen Informationen an Diensteanbieter übermitteln, die die Anlieferung benötigter Produkte organisieren. Die ökonomische Relevanz dieses Ansatzes besteht vor allem darin, dass das zurzeit bestehende Informationsmonopol des Handels bezüglich der Kauf- und Verbrauchsgewohnheiten auf diese Weise aufgebrochen werden kann. Der Mehrwert für den Kunden besteht darin, dass Warenanbietern ihm über vorausschauende, bedarfsorientierte Lieferdienste einen noch besseren Service bieten können. Roussous und Moussouri [RoMo04] gehen sogar so weit zu behaupten, dass automatisierte „Lieferprozesse“ zu einem fundamentalen Wandel des Konsumerlebnisses führen werden. Unklar ist dagegen noch, welcher zusätzliche Wert sich aus dieser Datenflut ergibt und wem er zugute kommt. Werden Kunden bereit sein, für den besseren Lieferservice zu bezahlen? Oder wird die bedarfsorientierte Heim-Anlieferung zu einer Selbstverständlichkeit, zu einer notwendigen Voraussetzung im Wettbewerb? Oder werden sich Unternehmen durch das Verschenken von Kühlschränken das Recht auf die Nutzung der Inhaltsdaten erkaufen? Was ist mit Kosten, die durch Maßnahmen zum Schutz vor Datenmissbrauch bzw. aufgrund derartigen Missbrauchs entstehen?

Datenhandel und Datenwert

Der tatsächliche informatorische Mehrwert, der sich durch die Datenflut für die Unternehmen ergibt, ist nur schwer quantifizierbar und lässt sich kaum in monetären Größen ausdrücken. Qualitative Untersuchungen von Spiekermann et al. [SDGR03] zeigen, dass Unternehmen tendenziell identifizierbaren Konsumentenprofilen einen signifikanten Mehrwert zumessen, und dass der Wert gepoolter Daten aus verschiedenen Quellen die Bedeutung isolierter Daten übersteigt. Marktpreise für Kundeninformationen sind jedoch schwer zu ermitteln, da viele Unternehmen aus Sorge vor Imageschäden einen Datenhandel konsequent ablehnen, oder nur sehr wenige Daten wie Anschriften handeln würden. Zudem ist der Mehrwert stark von der Qualität des Kunden abhängig. Die Preise für Standard-Datensätze von Konsumenten und Unternehmen (gefiltert nach groben Kriterien, aber ohne Auswertung) bewegen sich im amerikanischen Markt zwischen 8 US-cent und 15 US-cent pro Eintrag¹. Dies berücksichtigt jedoch nicht, dass die Einführung des Ubiquitous Computing zu viel mehr und viel aktuelleren Daten führt, so dass die genannten Preise in Zukunft sicherlich eine Untergrenze darstellen werden. Welches ökonomische Potential der Datenhandel bieten kann, wird am Beispiel der SCHUFA deutlich: Hier zahlen Verbraucher eine Pauschale von 7,60 €, um im Rahmen einer Selbstauskunft an die über sie gespeicherten Daten zu gelangen². Dies stellt zwar eine Unkostenpauschale dar, doch die Tatsache, dass zu diesem Preis eine große Nachfrage besteht, unterstreicht die ökonomische Bedeutung der (Bonitäts-)Informationen.

Der Frage des Werts persönlicher Daten versucht man sich an vielen Stellen auch von der Kundenseite her nähern. In einer Untersuchung von Rose [Rose05] wurde geprüft, wie viel Geld neuseeländischen Kunden ein Urheberrecht an ihren persönlichen Daten Wert wäre. 52,5% der Teilnehmer der Umfrage wären nicht bereit, für dieses Recht zu zahlen, was hauptsächlich durch ein mangelndes Vertrauen in die Durchsetzbarkeit der Rechte begründet war. Bei den zahlungsbereiten Teilnehmern der Befragung betrug die Zahlungsbereitschaft im Durchschnitt 55,4 Neuseeländische \$ (~31 €) – ein Anzeichen dafür, dass Privatsphäre von den Konsumenten

¹ Angaben von der Webseite der Firma ChoicePoint, <http://www.choicepointdirectlink.net/MDL/index.html>

² <https://www.schufa.de/forms/formular-eigenauskunft.html>

als bedeutsames Gut geschätzt wird. Es ist jedoch äußerst fraglich, ob sich in der Praxis eine so hohe Zahlungsbereitschaft einstellt, da das tatsächliche Verhalten von Konsumenten häufig vom angegebenen Verhalten stark abweicht (siehe zum Beispiel [BeGS05]). Darüber hinaus zahlen die Konsumenten in der genannten Studie nicht für die Nutzung sondern die (rechtliche) Kontrolle der Daten, so dass hier Schadensvermeidung an erster Stelle stehen dürfte.

4.3. Fazit

Aus dem Einsatz der Ubiquitous-Computing-Technologien ergeben sich signifikante zusätzliche Wertschöpfungspotentiale. Zurzeit ist jedoch noch unklar, in welchen Bereichen sich das UC letztendlich durchsetzen wird, da sich die Kostenentwicklung auf der Technologieseite einerseits und der ökonomische Wert der neu gewonnenen Daten andererseits nur schwer abschätzen lassen. Die Politik kann hier nur Rahmenbedingungen setzen und in Einzelfällen eine Anschubfinanzierung geben. Letztendlich muss jedoch der Markt entscheiden, wo sich UC-Lösungen durchsetzen. Daher ist es besonders wichtig, alle UC-Forschungsprojekte periodisch auf ihr aktuelles Marktpotential hin zu überprüfen. Darüber hinaus ist von der Politik zu beobachten, wie die gewonnenen Daten von den jeweiligen Marktteilnehmern genutzt werden. Wenn sich abzeichnet, dass hier wesentliche Nachteile für bestimmte Konsumentengruppen entstehen, dann kann ein gesetzgeberisches Eingreifen erforderlich werden.

5. Literaturverzeichnis

[Aalb04] Aalbers M B, „*The Quantified Customer*“ or *How Financial Institutions Value Risk*, Cambridge, ENHR Conference 2004.

[AmFW02] Amberg M, Figge S, Wehrmann J, *Compass, Ein Kooperationsmodell für situationsabhängige mobile Dienste*. Erlangen, 2002.

[AmFW03] Amberg M, Figge S, Wehrmann J, *A Cooperation Model for Personalised and Situation Dependent Services in Mobile Networks*. In: Olivé A, Yoshikawa M, Yu E.S. et al. (Eds.), *Advanced Conceptual Modeling Techniques*. LNCS 2784, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.

[AmWe03] Amberg M, Wehrmann J, *Effizientes Angebot von situationsabhängigen mobilen Diensten*, Zeitschrift Industrie Management, Nr. 06, 2003, S. 35-38.

[Arno04] Arnold D, *Was ist dran an der RFID Euphorie?*, in: F + H Fördern und Heben (54) Nr. 5, S. 298-301 (2004)

[BCLMR04] Bohn J, Coroamă V, Langheinrich M, Mattern F, Rohs M, *Living in a World of Smart Everyday Objects – Social, Economic, and Ethical Implications*, ETH Zürich, 2004.

[BeGS05] Berendt, B., Günther, O., Spiekermann, S.: *Privacy in E-Commerce: Stated preferences vs. actual behavior*, Communications of the ACM (CACM), Vol. 48, Nr. 4, 2005, S. 101-106

[BeKM91] Bevan N, Kirakowski J, Maissel J, 'What is Usability?', Proceedings of the 4th International Conference on HCI, Stuttgart, September 1991

[Boyc02] Boyce G, *Beyond Privacy – The Ethics of Customer Information Systems*, Informing Science InSITE 2002, <http://proceedings.informingscience.org/IS2002Proceedings/papers/Boyce230Beyond.pdf> (Stand 18.5.2005)

[Chan01] Chan S C, *Understanding adoption and continual usage behaviour towards internet banking services in Hong Kong*, Lignan University, October 2001

- [ChGS04] Chen L, Gillenson M L, Sherrell D L, *Consumer Acceptance of Virtual Stores: A theoretical Model and Critical Success Factors for Virtual Stores*, ACM SIGNIS Database Vol. 35 Issue 2 (2004), pp. 8-31
- [ChMu01] Churchill E F, Munro A J, *Work/place: Mobile technologies and arenas of activity*, SIGGROUP Bulletin Dec 2001 Vol 22 No 3 pp. 3-9
- [Chr03] Christensen C M: *The Innovator's Dilemma*. Harper Business Essentials, New York 2003.
- [Davi89] Davis F D, *Perceived Usefulness, perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology*, MIS Quarterly, Vol. 13 No. 3 (Sept. 1989), 319-340
- [Deig04] Deighton J, *The Presentation of Self in the Information Age*, Harvard Business School Marketing Research Papers No. 04-02, 2004
- [Fich01] Fichter K, *Ökonomie der Aufmerksamkeit – Zur Rolle von Aufmerksamkeit in der Medien- und Internetökonomie*, Borderstep Arbeitspapier, Berlin, Borderstep – Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2001.
- [FiWe05] Filipova L, Welzel P, *Reducing Asymmetric Information in Insurance Markets: Cars with Black Boxes*, Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe Beitrag Nr. 270, Universität Augsburg 2005.
- [Flei01] Fleisch E, *Von der Vernetzung von Unternehmen zur Vernetzung von Dingen*, 2001.
- [Gold05] Goldman E, *Attention Scarcity and Its Implications for Privacy and Marketing Regulations*, M.U.L. School, Milwaukee, 2005.
- [GuMo04] Gupta P, Moitra D, *Evolving a pervasive IT infrastructure: a technology integration approach*, Personal and Ubiquitous Computing (2004) 8: 31-41
- [HRBM03] Herzog O, Rügge I, Boronowsky M, Nicolai T, *Potenziale des Wearable Computing in der Industrie – am Beispiel der Inspektion*, in: Gausemeier J, Grafe M (Hrsg.), 2. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 4. und 5. Juni 2003, Heinz Nixdorf Museums Forum, S. 21-39.
- [Ku]L03] Kuhn J, Lehner F, Lehmann H, *Scenarios of a Mobile Future: Findings from a Grounded Delphi Study*, Stockholm Mobility Roundtable 2003, http://web.hhs.se/cic/roundtable2003/papers/D33_Kuhn_et_al.pdf (Stand 29.3.2005)
- [Less01] Lessig, L. (2001). *The future of ideas - the fate of the commons in a connected world*. New York, Random House.
- [MaGa99] Malhotra Y, Galletta D F, *Extending the Technology Acceptance Model to Account for Social Influence: Theoretical Bases and Empirical Validation*, Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences 1999
- [Matt04] Mattern F, *Wireless Future: Ubiquitous Computing*, Proceedings of Wireless Congress 2004, Munich, Germany, November 2004.
- [MeKS04] Mersinger M, Klafft M, Stallkamp J, *Mobile Datenerfassung in der Produktion zur Optimierung von Anlauf und Betrieb*, PPS Management 9 (2004) 1, S. 48-50

[Metr05] Metro Future Store Initiative, *Die METRO Group und RFID – Informationen über die neue Technologie des Handels*, http://www.future-store.org/servlet/PB/-s/1sv5bga1aesuot192q4mqp79s41kxcfu5/show/1004092/off-Presse-Pressemat-RFID-Broschuere_dt_05-01-10.pdf (Stand 29.3.2005)

[OsRK02] Osterloh M, Rota S, Kuster B, *Trust and Commerce in Open Source – a Contradiction?*, Zürich, 2002.

[Pasc02] Paschke M, *Neuordnung der privatrechtlichen Grundlagen des Telefonmarketings*, Gutachten der Universität Hamburg, Hamburg 2002

[PiEG04] Pignotti E, Edwards P, Grimnes G A, *Context Aware Personalised Service Delivery*, Proceedings of European Conference Artificial Intelligence, pp. 1077-1078, Valencia 2004

[Pomm91] Pommerening K, *Datenschutz und Datensicherheit*, BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim 1991

[Prin04] Prins J E J, *The Propertization of Personal Data and Identities*, Electronic Journal of Comparative Law Vol. 8.3 October 2004, <http://www.ejcl.org/83/art83-1.html> (Stand 18.5.2005)

[Raym01] Raymond E S: *The Cathedral & the Bazaar*. O'Reilly & Associates, 2001; verfügbar unter <http://www.catb.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/>

[Rock87] Rockart J F, *The Changing Role of the Information System Executive: A Critical Success Factors Perspective*, in: Madnick S E (Ed.), *The Strategic Use of Information Technology*, Sloan Management Review – The Executive Bookshelf, pp. 69-83, Oxford et al. 1987

[RoMo04] Roussos G, Moussouri T, *Consumer perceptions of privacy, security and trust in ubiquitous commerce*, Personal and Ubiquitous Computing, 8: 416-429, 2004

[Rose05] Rose E, *Data Users versus Data Subjects: Are Consumers Willing to Pay for Property Rights to Personal Information?*, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences 2005.

[SchB03] Schmidt-Belz B, *Aspects of User Trust in mobile guides*, Workshop HCI in mobile guides, Udine September 2003 (<http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/users/kc/mguides03/Schmidt-Belz-final.pdf>)

[Schm02] Schmidt A, *Ubiquitous Computing – Computing in Context*, Dissertation, Universität Lancaster, 2002

[SCR81] Saltzer J H, Reed D P, Clark D D, *End-to-End Arguments in System Design* from the 2nd International Conference on Distributed Systems (Paris, France, April 8-10) 1981, pp. 509-512; a revised version from 1984 is available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=357402>

[ScWM04] Scholz-Reiter B, Windt K, Freitag M, *Autonomous logistic processes: New Demands and First Approaches*, in: Monostori L (ed.), Proceedings of the 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Budapest 2004, pp. 357-362

[SDGR03] Spiekermann S, Dickinson I, Günther O, Reynolds D, *User Agents in E-Commerce Environments: Industry vs. Consumer Perspectives on Data Exchange*, in Eder J und Misikoff M (Hrsg.), CAISE 2003, LNCS 2681, pp. 696-710, 2003.

[SHBE04] Skattør B, Hasvold P, Berntzen L, Engvig T, *Mobile Work – Mobile ICT Supporting Secondary Work*, INF5260 Final Report, May 2004.

[Simo71] Simon H, *Designing Organizations for an Information-rich World*, Computers, Communications and the Public Interest, M. Greenberger, London, The John Hopkins Press, 1971, S. 40-41.

[SLPK03] Strang T, Linnhoff-Popien C, Korbinian F, *CoOL: A context ontology language to enable contextual interoperability*, Lecture Notes in Computer Science 2893/2003, pp. 236-247

[StLP03] Strang T, Linnhoff-Popien C, *Service Interoperability on Context Level in Ubiquitous Computing Environments*, Proceedings of International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Education, Science, Medicine, and Mobile Technologies on the Internet (SSGRR2003w), L'Aquila 2003

[Stra03] Strang T, *Service-Interoperabilität in Ubiquitous Computing Umgebungen*, Dissertation, LMU München 2003

[WeGB99] Weiser M, Gold R, Brown J S, *The origin of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s*, in: IBM systems journal Vol. 38 Nr. 4(1999), S. 693-696